

研究テーマの概要

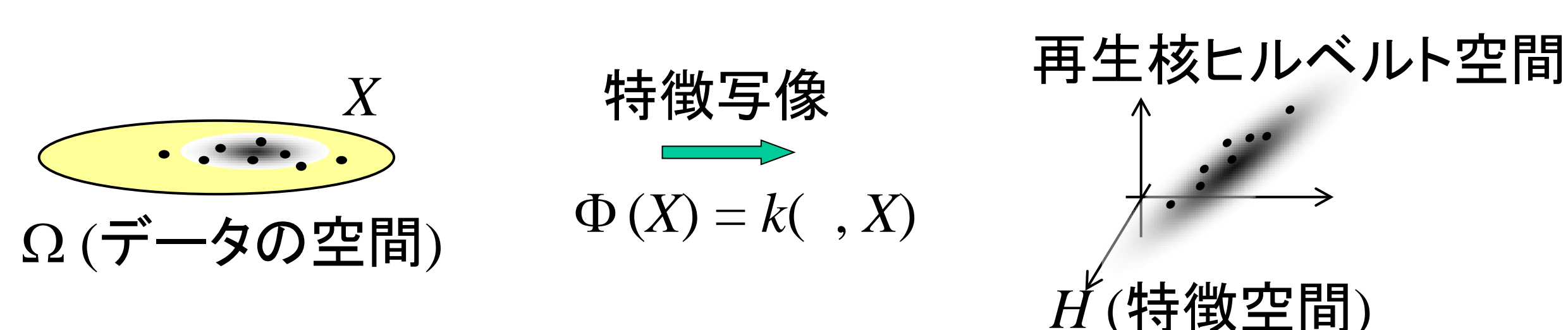
複雑なデータを扱うための、新しい統計的推論の方法、
そのための計算に関する数理、そしてその応用

- ◆ カーネル法の理論と応用.
正定値カーネルと再生核ヒルベルト空間を用いた新しい統計的
推論の方法とその応用に関する研究 → (A)
- ◆ 計算アルゴリズムの幾何学的研究.
確率計算アルゴリズムのグラフ理論的、幾何学的研究 → (B)
- ◆ 特異モデルの統計学.
特異点を持つ統計モデルの理論的研究

(A) カーネル法の理論と応用

■ カーネル法

データの非線形性、高次モーメントを取り込むための新しい方法論.
効率的な計算を重視. 計算機科学の分野で近年発展.



特徴空間上で線形の解析手法を適用 → 線形手法の非線形化
カーネル主成分分析, カーネル判別分析
サポートベクターマシン

カーネルトリック: 特徴空間での内積計算が容易

$$\langle \Phi(x), \Phi(y) \rangle = k(x, y) \quad \dots \text{正定値カーネル}$$

■ カーネル法の新しい展開: 平均, 共分散作用素を用いた方法

特徴空間における共分散作用素 → **独立性**の特徴づけ

特徴空間における条件付共分散 → **条件付独立性**の特徴づけ

正定値カーネルを用いた統計的推論の基礎理論と方法論を構築

応用 カーネルを用いた(条件付)独立性尺度
ノンパラメトリックな(条件付)独立性検定への応用

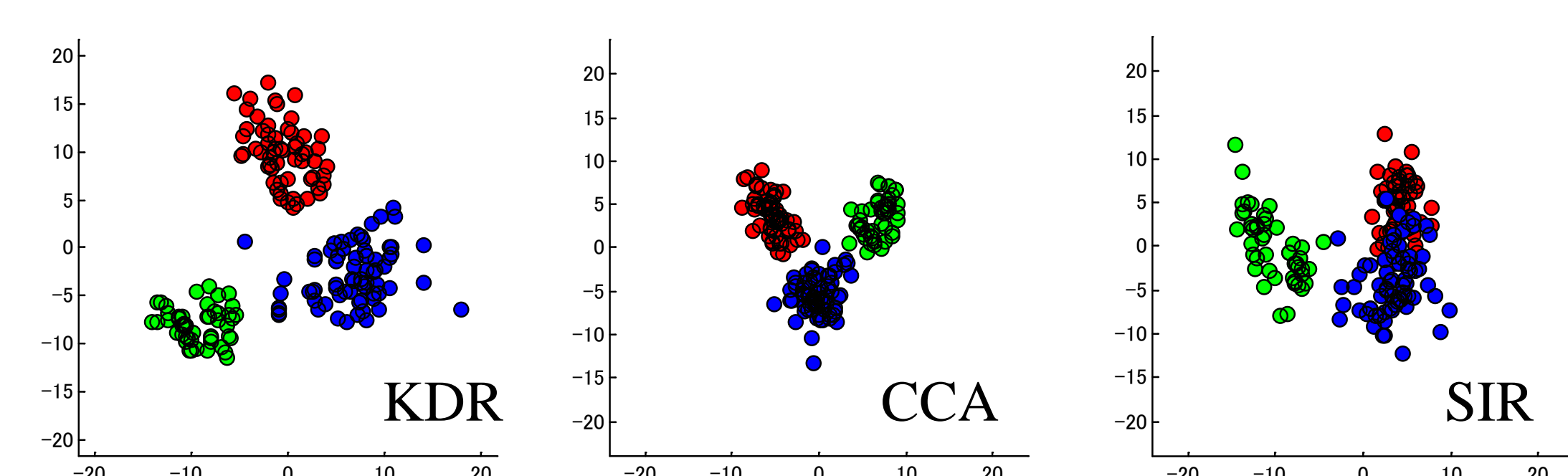
Fukumizu et al. NIPS 21 (2008)
Gretton, Fukumizu et al. NIPS 21 (2008)

■ 応用1: 回帰における次元削減 - カーネル次元削減法(KDR)

説明変数の次元削減 → 条件付独立による定式化
カーネル法による次元削減/特徴抽出

強い仮定が不要な汎用性の高い次元削減法

Wineデータ(13次元) 2次元特徴空間へのプロット

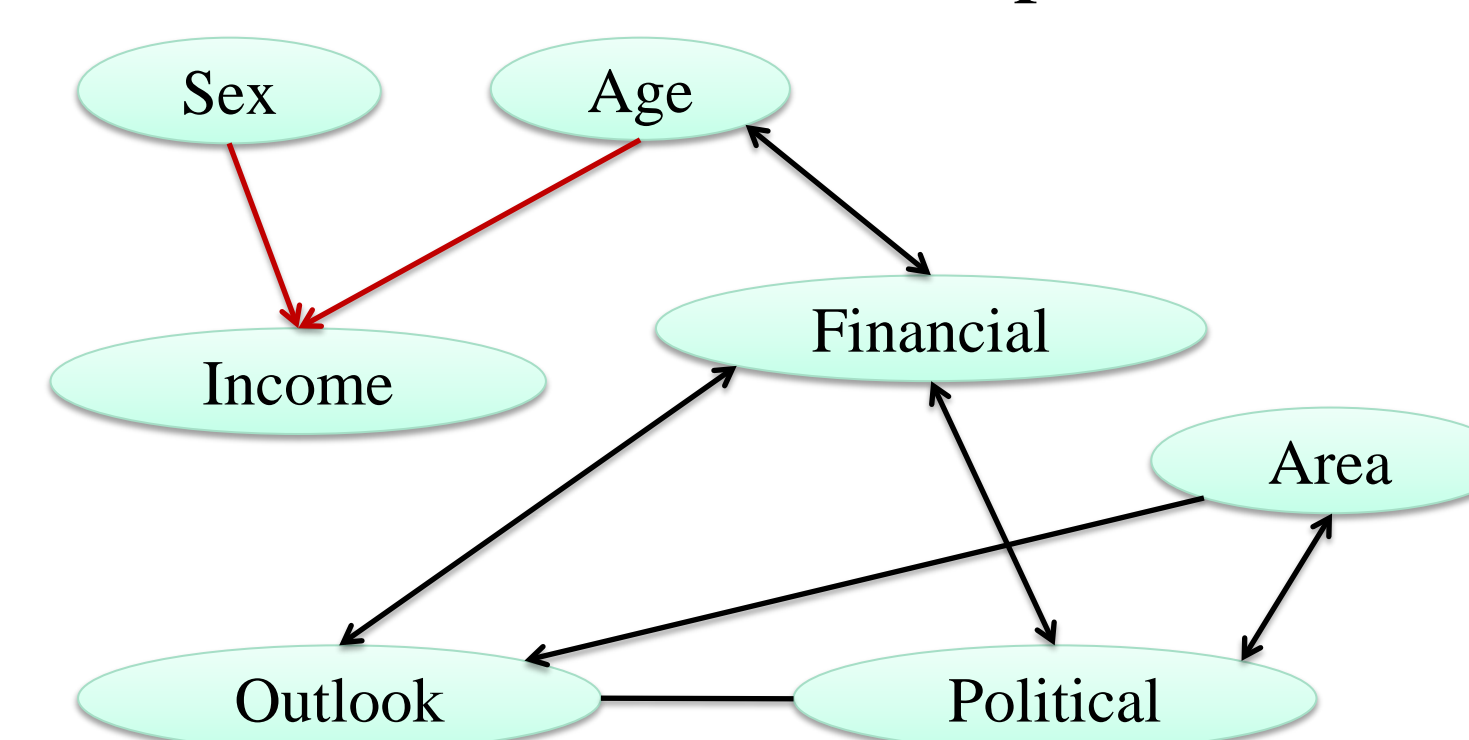


Fukumizu, Bach, Jordan JMLR 2004, Ann. Stat 2009

■ 応用2: 因果ネットワークの推論

条件付独立性の検定を利用
受動的(非実験的)なデータからの因果推論

Example: Montana economic outlook poll (1992)



Sun, Janzing, Schölkopf, Fukumizu (ICML2007)

■ その他

- ・ 正定値カーネルによる無限次元情報幾何 Fukumizu (2009)
- ・ 正定値カーネルによる確率分布間の距離の理論的研究
Sriperumbudur et al JMLR (2010)

(B) アルゴリズムの幾何学的研究

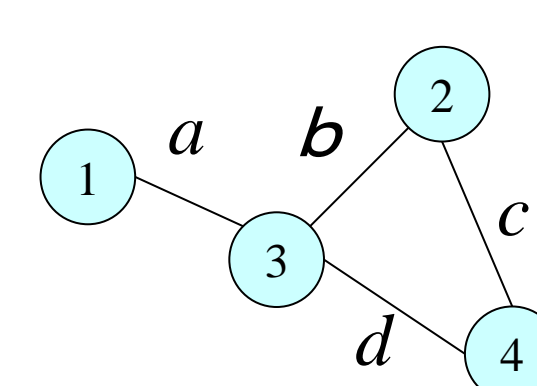
■ 確率伝搬法の数理的研究

確率伝搬法: グラフにより表現された確率分布から, 周辺分布を
効率的に求める繰り返しアルゴリズム

グラフ $G = (V, E)$ に対し, 確率変数 $(X_a)_{a \in V}$ の同時分布:

$$p(X) = \frac{1}{Z} \prod_{(a,b) \in E} \psi_{ab}(X_a, X_b),$$

例



$$p(X) = \psi_a(X_1, X_3) \psi_b(X_2, X_3) \\ \times \psi_c(X_2, X_4) \psi_d(X_3, X_4)$$

問題: 各周辺分布 $p(X_2)$ や事後確率 $p(X_2 | X_4)$ などを求めたい.
離散分布に対して, 変数の数に対して指数オーダーの計算

確率伝搬法は, 効率的な(近似)計算アルゴリズム

木に対しては有限ステップで厳密な結果を与える.

ループがある場合の性質は未解決. 収束性, 近似精度など

数学的, 幾何学的アプローチによる確率伝搬法の性質の解明

◆ ループ展開による解析

分配関数(Z) のループ展開法を考案し, グラフのループと
近似解との関係を明らかに.

Watanabe & Fukumizu, J. Physics A (2009), Combin. Probab. Comput. (2010)

◆ グラフゼータ関数からのアプローチ

グラフ上定義されるゼータ関数と, 確率伝搬法の
ダイナミクスとの密接な関係を明らかに.
→ 収束解の一意性などへの応用

Watanabe & Fukumizu, NIPS 2009

ともに研究してみませんか?

- ・ 理論も応用も: 研究テーマは, 純粋な理論から応用的な課題まで幅広くあります.
- ・ 数理も実世界も: 数学の好きな人, そして実世界へも役立てたい学生を求めています.
- ・ 世界へ広がる研究室: 独Max-Planck研究所, UC バークレー校, サンディエゴ校, CMUなど世界の一線の研究機関と共同研究を推進しています.